

## Glyphosate em pós-emergência na soja Roundup Ready<sup>®1</sup>

### Glyphosate in post-emergence at Roundup Ready<sup>®</sup> soybean

Rodrigo Lopes Ferreira<sup>2</sup>; Alessandro Guerra da Silva<sup>3</sup>; Gustavo André Simon<sup>3</sup>; Itamar Rosa Teixeira<sup>3</sup>; Paula Daiane de Sena Martins<sup>4</sup>

**Resumo** - Com o surgimento de cultivares de soja RR<sup>®</sup> muitos agricultores adotaram o uso do glyphosate no manejo de plantas daninhas em pós-emergência nos cerrados. No entanto, as informações sobre o uso desta tecnologia no cultivo de soja na região dos cerrados é muito importante quando se deseja alcançar altos rendimentos. Portanto, o objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação do glyphosate em pós-emergência nas características agronômicas e na nodulação da soja RR. O ensaio foi realizado em delineamento experimental de blocos casualizados em esquema fatorial (3x4)+1 com três repetições, correspondendo a três doses de glyphosate (960; 1.920 e 2.880 g e.a. ha<sup>-1</sup>) associada a quatro estádios fenológicos de aplicação (V<sub>1</sub>; V<sub>2</sub>; V<sub>3</sub> e V<sub>1</sub>+V<sub>4</sub>) acrescido de um tratamento adicional sem aplicação de herbicida (testemunha). Avaliou-se o rendimento de grãos, a massa de mil grãos, altura de plantas, fitointoxicação, fechamento foliar, comprimento e massa seca radicular, além da massa seca e viabilidade dos nódulos. Os resultados demonstraram que a dose e o estágio de aplicação do glyphosate não influenciaram a nodulação, as características agronômicas e o rendimento de grãos. O maior percentual de fitointoxicação e menor fechamento foliar foram constatados com a dose de 2.880 g e.a. ha<sup>-1</sup> de glyphosate aplicada nos estádios fenológicos V<sub>1</sub>+V<sub>4</sub>, sem, contudo comprometer a nodulação e o rendimento de grãos.

**Palavras-chave:** *Bradyrhizobium*, *Glycine max*, nodulação, rendimento de grãos

**Abstract** - Generation of RR<sup>®</sup> soybean genotypes allowed many farmers adopted the use of glyphosate in weed management in post-emergence in cerrado. However, information about the use of this technology on soybean crop growth in “cerrado” region is important in order to obtain desired yields. Thus, the objective of this study was to evaluate the effects of glyphosate application in post-emergence condition over agronomic characteristics and over RR soybean nodulation. The trial was conducted in randomized blocks experimental design in factorial scheme (3x4)+1 with three replications corresponding to three glyphosate doses (960; 1,920 and 2,880 g a.e ha<sup>-1</sup>) associated to four application phenological stages of application (V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>, V<sub>3</sub> and V<sub>1</sub>+V<sub>4</sub>) plus a treatment without herbicide application (check). The following characteristics were evaluated: grain yield, mass of a thousand grain, plant height, phytointoxication, leaf closing, root dry matter and length, besides dry mass and nodules viability. Results revealed that the dose and stage of glyphosate application did not affect the nodulation, agronomic characteristics and grain yield. The highest percentage of phytointoxication and lowest leaf

<sup>1</sup> Recebido para publicação em 05/07/2013 e aceito em 30/12/2013.

<sup>2</sup> Discente da Faculdade de Agronomia da Universidade de Rio Verde (UniRV). Rio Verde-GO, Brasil.

<sup>3</sup> Docentes do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal e da Faculdade de Agronomia da Universidade de Rio Verde (PPGPV/UniRV). CEP.: 75901-970, Rio Verde-GO, Brasil. Email: [silvaag@yahoo.com.br](mailto:silvaag@yahoo.com.br) (\*autor para correspondência).

<sup>4</sup> Discente do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade de Rio Verde (PPGPV/UniRV).

closing were observed at 2,880 g a.e. ha<sup>-1</sup> glyphosate dose sprayed on phenological stages V<sub>1</sub>+V<sub>4</sub>, without affecting nodulation and grain yield.

**Keywords:** *Bradyrhizobium*, *Glycine max*, nodulation, grain yield

## Introdução

Nos últimos anos, o Brasil se destacou na produção mundial de soja, apresentando aumentos de rendimentos de grãos com uso de cultivares geneticamente modificada resistente ao herbicida glyphosate (Roundup Ready<sup>®</sup>) (Dvoranen et al., 2008). Contribuiu também para este fato o incremento no fornecimento de nitrogênio para as plantas de soja por meio do processo de fixação biológica do nitrogênio (FBN). Neste processo, o N atmosférico (N<sub>2</sub>; forma não absorvida pelas plantas) é reduzido a NH<sub>3</sub> por bactérias do gênero *Bradyrhizobium* dentro dos nódulos nas raízes, transferindo posteriormente à planta na forma de compostos nitrogenados (Galli & Montezuma, 2005).

Porém, a FBN pode ser afetada negativamente pelo uso do herbicida glyphosate (Santos & Flores, 1995; Amarante Junior et al., 2002). Mesmo sendo seletivo à soja RR, o herbicida em questão pode ocasionar redução temporária na FBN. Isto é atribuído a exsudação de glyphosate pelas raízes da soja, ocasionando consequente diminuição da taxa fotossintética da leguminosa (Procópio et al., 2004; Dvoranen et al., 2008; Zobiole et al., 2011).

O herbicida glyphosate foi registrado para aplicação em soja transgênica RR visando, principalmente, ampliar o período de aplicação para controle das plantas daninhas na cultura (Reddy & Zablotowicz, 2003). O produto é absorvido pelas folhas e caulículos, agindo em sistemas enzimáticos, impedindo a biossíntese de aminoácidos aromáticos (tirosina, fenilalanina e triptofano) pela inibição da enzima 5-enolpiruvil-shiquimato-3-fosfato sintase (EPSPS) (Amarante Junior et al., 2002; Reddy & Zablotowicz, 2003; Correia & Durigan, 2007).

As cultivares de soja RR apresentam a enzima EPSPS proveniente da *Agrobacterium*

sp., a qual é resistente ao glyphosate (Dvoranen et al., 2008). Isto confere resistência ao herbicida, ao contrário das bactérias fixadoras de N (*Bradyrhizobium* spp.), presentes nas raízes da soja, nas quais apresentam a forma sensível da enzima (Moorman et al., 1992; Cunha et al., 2005). No entanto, tem-se comprovado a influência negativa na assimilação de N pela aplicação de glyphosate em soja (Santos et al., 2004; Santos et al., 2006; Santos et al., 2007) e no crescimento das estirpes (Moorman et al., 1992; Santos et al., 2004). Aplicações do herbicida na soja RR, em doses recomendadas para o manejo de plantas daninhas na cultura, não têm reduzido as populações de *Bradyrhizobium* no solo, bem como o rendimento de grãos (Grey & Raymer, 2002; Reddy & Zablotowicz, 2003; Correia & Durigan, 2007).

A crescente adoção de cultivares de soja RR possibilitou o crescimento do uso do glyphosate no manejo de plantas daninhas em pós-emergência. Portanto, a obtenção de informações sobre o uso desta tecnologia nos sistemas de produção agrícola da região dos cerrados é essencial para obtenção de aumentos expressivos no rendimento de grãos. Sendo assim, o trabalho teve por objetivo avaliar, em condições de campo, os efeitos da aplicação de glyphosate em pós-emergência sobre características agrônômicas, rendimento de grãos e nodulação da cultivar de soja EMGOPA 316 RR.

## Material e Métodos

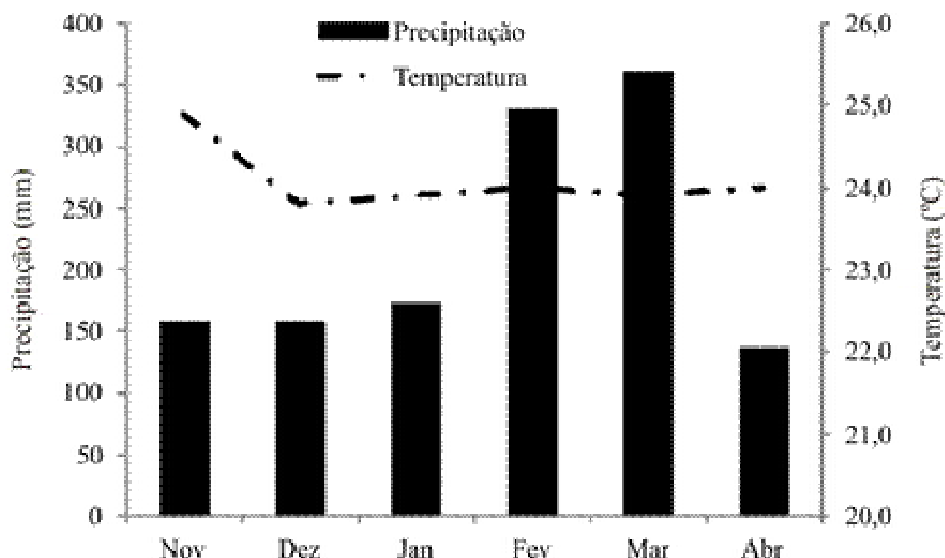
O experimento foi conduzido a campo no município de Rio Verde-GO (17°47'13" S; 50°59'45" W; a 750 m de altitude) em solo classificado como Latossolo Vermelho distrófico, de textura argilosa (Embrapa, 1999), cultivado há mais de três anos em sistema de plantio direto com soja no período de verão e

sucessão de sorgo granífero (safrinha). Os valores médios de temperatura e precipitação durante a condução do ensaio estão representados na Figura 1.

O delineamento experimental empregado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial (3x4)+1 com três repetições, correspondendo a três doses de glyphosate (960; 1.920 e 2.880 g e.a. ha<sup>-1</sup> respectivamente) associada a quatro estádios fenológicos para aplicação do herbicida (V<sub>1</sub>; V<sub>2</sub>; e V<sub>3</sub> - um, dois e três trifólios completamente desenvolvidos, respectivamente, acrescido de uma aplicação sequencial em V<sub>1</sub>+V<sub>4</sub> - um e quatro trifólios desenvolvidos). Nesta aplicação, empregaram-se as referidas doses em cada estágio fenológico (V<sub>1</sub> e V<sub>4</sub>). Utilizou-se também um tratamento adicional como testemunha sem aplicação do herbicida. As parcelas foram constituídas de seis linhas espaçadas de 0,5 m

com 6,0 m de comprimento. Considerou-se como área útil as quatro linhas centrais, desconsiderando 0,5 m das extremidades, o que constituiu área útil de 10,0 m<sup>2</sup>.

O herbicida glyphosate, na formulação o sal de isopropilamina (480 g e.a. ha<sup>-1</sup>) foi aplicado utilizando-se um pulverizador costal com pressurização por CO<sub>2</sub>, munido de barra com seis pontas de pulverização do tipo TT 110-02, que regulado a 2,5 kgf cm<sup>-2</sup> proporcionou volume de aplicação equivalente a de 150 L ha<sup>-1</sup>. Nas aplicações em V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>, V<sub>3</sub> e V<sub>4</sub> (aplicação sequencial: V<sub>1</sub>+V<sub>4</sub>) registram-se as seguintes condições climáticas: temperaturas: 25,4; 31,0; 22,7 e 24,7 °C, respectivamente; umidade relativa: 71,2; 49,7; 78,0 e 54,4%, respectivamente; e velocidade do vento: 2 a 6; 2 a 4; 0 a 2 e de 5 a 8 km h<sup>-1</sup>, respectivamente.



**Figura 1.** Valores médios de temperatura e precipitação, referentes a novembro de 2008 a abril de 2009, coletados na estação climatológica da Universidade de Rio Verde, Rio Verde/GO.

Uma semana antes da implantação do ensaio, as plantas daninhas foram dessecadas com uso de 1.440 g e.a. ha<sup>-1</sup> de glyphosate, utilizando um pulverizador mecanizado. A

semeadura da variedade EMGOPA 316 RR (soja de hábito indeterminado e ciclo precoce) foi realizada, de forma mecânica, no dia sete de novembro de 2008, utilizando 400 kg ha<sup>-1</sup> da

formulação 02-20-10, no sulco de semeadura. Nesta data, realizou-se a inoculação das sementes com inoculante turfoso contendo estirpes de *Bradyrhizobium elkanii* SEMIA 587 e 5019. Aos 15 dias após a emergência (DAE), efetuou-se o desbaste deixando o equivalente a 260.000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ . Em cobertura, foi realizada a aplicação de 80 kg  $\text{ha}^{-1}$  de cloreto de potássio, de forma mecanizada, aos 25 DAE.

O manejo de pragas foi realizado utilizando-se o pano de batida para amostragem e quando necessário, empregou-se os inseticidas [lambda-cialotrina + tiametoxan], lufenuron e metamidofós (0,2; 0,3 e 0,8 L  $\text{ha}^{-1}$ , respectivamente) com volume de aplicação de 150 L  $\text{ha}^{-1}$ . Para prevenção de doenças nas plantas de soja, efetuou-se aplicação dos fungicidas [azoxistrobina + ciproconazole] acrescido do adjuvante Nimbus (0,3 L  $\text{ha}^{-1}$  + 5% v/v) no pleno florescimento, e de carbendazin (0,5 L  $\text{ha}^{-1}$ ) aos 20 dias após a primeira aplicação de fungicida, ambas com volume de aplicação de 150 L  $\text{ha}^{-1}$ . Em todas as parcelas, incluindo o tratamento testemunha, foram realizadas duas capinas manuais para evitar a interferência das plantas daninhas com a cultura.

Avaliou-se, na área útil das parcelas, o rendimento de grãos (trilha das plantas colhidas e posterior pesagem dos grãos, transformando os dados para kg  $\text{ha}^{-1}$  com correção de umidade para 13%), massa de mil grãos (pesagem de mil grãos, em g, a partir das amostras de rendimento com correção de umidade para 13%), altura de plantas (medida do colo até a inserção do último trifólio completamente desenvolvido em oito plantas aos 60 DAE), a fitointoxicação pela aplicação do glyphosate e o fechamento foliar. As avaliações de fitointoxicação e fechamento foram realizadas quando as plantas encontravam-se com seis trifólios completamente desenvolvidos ( $V_6$ ), atribuindo notas de 0% a 100%; onde 0% sem fitointoxicação ou sem cobertura do solo e

100% para plantas mortas ou solo totalmente coberto, respectivamente.

O desenvolvimento das raízes (comprimento e massa seca) e a nodulação das plantas de soja foram realizados segundo metodologia de Vieira Neto et al. (2008), constituída pela amostragem através de coletada aos 60 DAE na terceira linha de um dos lados da parcela, por meio da abertura de minitrincheiras (30 x 30 cm), retirando-se blocos intactos de solo, contendo raízes de dez plantas contíguas. As amostras com raízes foram acondicionadas em sacos plásticos e transportadas para laboratório, sendo posteriormente lavadas em peneira, separando raízes e nódulos, e, posteriormente, colocadas para secar. Em seguida efetuou-se a medição do comprimento (cm) e determinação da massa seca das raízes (g), a partir do colo até a extremidade da raiz pivotante.

A nodulação foi avaliada pela quantificação da massa de nódulos presentes nas raízes em amostras de solo coletada aos 60 DAE e do número de nódulos viáveis, avaliada através da amostragem de vinte nódulos de forma aleatória nas amostras de raízes, os quais foram cortados e observados a viabilidade pela presença de coloração rósea em seu interior.

A análise de variância foi realizada para todas as características, utilizando-se o teste "F". As médias das variáveis foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade quando constatada significância para a fonte de variação "Estádios de aplicação" e uso do teste de Dunnett, no mesmo nível de significância, para realização dos contrastes com a testemunha (Pimentel Gomes & Garcia, 2002). Para a avaliação do efeito das doses, quando constatada significância, empregou-se a técnica da análise de regressão, considerando na escolha do modelo a significância dos parâmetros da equação e os valores do  $R^2$ . Além disto, o teste F foi utilizado para testar os coeficientes da regressão. A análise dos dados foi realizada

com uso do programa estatístico ASSISTAT (Silva & Azevedo, 2009).

## Resultados e Discussão

Os resultados obtidos permitiram constatar respostas diferenciadas do uso de glyphosate em pós-emergência nas características da soja EMGOPA 316 RR (Tabela 1). O emprego do herbicida, independente da dose e estádios de aplicação, não influenciou o rendimento de grãos (Tabela 2). Os valores obtidos com o tratamento herbicida assemelharam-se com o obtido sem a aplicação de glyphosate (testemunha), sendo o mesmo observado em outros trabalhos de pesquisa (Reddy & Zablotowicz, 2003; Correia

& Durigan, 2007; Agostinetto et al., 2009; Ferreira Neto et al., 2009).

As avaliações da altura de plantas, comprimento radicular, massa seca e número de nódulos viáveis também não apresentaram diferenças significativas para doses e estádio de aplicação do herbicida (Tabela 2). A ausência de respostas para estas variáveis pode ser justificada pela recuperação das plantas após a aplicação do glyphosate devido às condições ambientais (temperatura e precipitação) favoráveis ao crescimento vegetativo da soja (Figura 1). Portanto, os resultados obtidos corroboram com outros trabalhos de pesquisa que comprovaram a resistência da soja geneticamente modificada ao herbicida glyphosate (Correia & Durigan, 2007; Agostinetto et al., 2009; Matsuo et al., 2009).

**Tabela 1.** Valores dos quadrados médios do resíduo das variáveis rendimento de grãos (RG), massa de mil grãos (MMG), altura de plantas (AP), fitointoxicação (FT), fechamento foliar (FF), comprimento de raiz (CR), massa seca de raiz (MSR), massa seca de nódulos (MN) e número de nódulos viáveis (NV) do ensaio de estádios de aplicação e doses de glyphosate na soja EMGOPA 316 RR. Rio Verde, 2008.

Fontes de variação	GL	RG	MMG	AP	Quadrado médio do resíduo			MSR	MN	NV
					FT	FF	CR			
E.A.	3	0,75 <sup>ns</sup>	0,50 <sup>ns</sup>	0,65 <sup>ns</sup>	13,20**	5,78**	2,23 <sup>ns</sup>	1,35 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>
Doses	2	0,34 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	38,69**	13,23**	1,08 <sup>ns</sup>	1,96 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>	1,74 <sup>ns</sup>
EA x Doses	6	1,19 <sup>ns</sup>	1,04 <sup>ns</sup>	0,90 <sup>ns</sup>	4,07*	2,83*	0,09 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	1,56 <sup>ns</sup>	0,98 <sup>ns</sup>
Fat. x Test.	1	1,02 <sup>ns</sup>	4,42*	0,18 <sup>ns</sup>	49,35**	5,34*	0,20 <sup>ns</sup>	4,82*	1,54 <sup>ns</sup>	2,77 <sup>ns</sup>
CV (%)		7,54	5,27	6,53	25,66	10,00	12,79	22,28	31,89	24,24

EA: Estádios de aplicação; Fat vs TA: Contraste Fatorial versus Tratamento adicional. \*\*, \*, <sup>ns</sup>: significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

**Tabela 2.** Valores médios de rendimento de grãos (RG), massa de mil grãos (MMG), altura de plantas (AP), comprimento radicular (CR), massa seca (MS), massa seca de raízes (MSR) e número de nódulos viáveis (NV) em função dos estádios e doses de aplicação de glyphosate na soja RR. Rio Verde, 2008.

Estádios de aplicação	RG (kg ha <sup>-1</sup> )	MMG (g)	AP (cm)	CR (cm)	MS (g)	MSR (g)	NV (%)
V <sub>1</sub>	2.872	165	89	18,0	1,99	55,17	47
V <sub>2</sub>	2.908	161	87	16,0	2,26	47,54	59
V <sub>3</sub>	3.018	161	87	15,6	2,26	49,62	49
V <sub>1</sub> +V <sub>4</sub>	2.910	163	85	16,7	2,20	57,43	42
Doses (g e.a. ha <sup>-1</sup> )							
0	2.893	161	88	16,4	2,10	68,10	60
960	2.952	162	87	17,3	2,23	57,77	57
1.920	2.858	163	88	16,4	2,25	51,19	52
2.880	2.945	163	86	16,1	2,04	48,35	37





O glyphosate não reduziu a nodulação da soja, principalmente quando se elevou a dose do herbicida. Entretanto, sabe-se que sua utilização em pós-emergência na cultura da soja RR para manejo de plantas daninhas pode promover a intoxicação das estirpes de rizóbios (King et al., 2001; Maltby et al., 2006) pela exsudação do herbicida pelas raízes. Porém, é oportuno destacar que o efeito do glyphosate na redução da nodulação, nem sempre, ocasiona diminuição no rendimento de grãos (Zablotowicz & Reddy, 2004).

O histórico de cultivo por mais de três anos com soja na área experimental, associado à ausência de significância nas variáveis anteriormente mencionadas é justificada pela inoculação natural da população nativa de *Bradyrhizobium* do solo com as raízes da soja, principalmente naqueles tratamentos que receberam aplicação de herbicida. Sabe-se que em cultivares de soja de hábito indeterminado, como a EMGOPA 316 RR, a taxa de fixação de nitrogênio pelos nódulos radiculares aumenta rapidamente no pleno florescimento (Ritchie et al., 1997). Após a aplicação do

herbicida, a soja iniciou a metabolização da molécula do glyphosate e posteriormente emitiu novos trifólios. Isto possibilitou o desenvolvimento da parte aérea e das raízes, contribuindo para o processo da nodulação natural até a data de avaliação (60 DAE). Portanto, a recuperação das plantas após o estresse provocado pelo herbicida pode ter amenizado o efeito negativo do glyphosate no processo de nodulação, pois a translocação do herbicida para as raízes, além das folhas (Monquero et al., 2004), afeta a simbiose do *Bradyrhizobium* com a soja (Maltby et al., 2006).

A massa de mil grãos não foi afetada pela aplicação de glyphosate, pois as doses de 1.920 e 2.880 g e.a. ha<sup>-1</sup> aplicadas em V<sub>1</sub>+V<sub>4</sub> e V<sub>1</sub>, respectivamente, proporcionaram maiores valores em relação à testemunha sem herbicida (Tabela 3). A massa de mil grãos possui relação direta com o rendimento dos grãos (Ritchie et al., 1997), no entanto a maior massa de mil grãos não possibilitou acréscimos no rendimento de grãos.

**Tabela 3.** Valores médios de massa de mil grãos em função de doses e estádios de aplicação de glyphosate na soja EMGOPA 316 RR. Rio Verde, 2008.

Estádios fenológicos	Doses (g e.a. ha <sup>-1</sup> )		
	960	1.920	2.880
V <sub>1</sub>	163	161	171 *
V <sub>2</sub>	158	162	162
V <sub>3</sub>	159	164	161
V <sub>1</sub> +V <sub>4</sub>	169 *	163	157
Testem. (0 g e.a. ha <sup>-1</sup> )		152	

\* Médias significativamente superiores à testemunha, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

A avaliação da fitointoxicação das plantas de soja foi realizada com o intuito de verificar a possível influência no rendimento de grãos, porém esta característica apresentou ausência de significância, como relatado anteriormente. Para a dose de 960 g e.a. ha<sup>-1</sup> aplicada em V<sub>1</sub> e V<sub>3</sub>, os valores de fitointoxicação não diferiram da testemunha (Tabela 4). Os menores percentuais se devem ao maior tempo de recuperação das plantas

entre a aplicação do herbicida e o estágio de avaliação (V<sub>6</sub>). Acrescenta-se o fato que em V<sub>1</sub> a soja apresentava menor índice de área foliar (Ritchie et al., 1997), o que resultou em menor interceptação das gotas da calda, e consequentemente, menor absorção do herbicida (Lima et al., 2011). A maior quantidade de glyphosate (2.880 g e.a. ha<sup>-1</sup>) aplicada em V<sub>1</sub>+V<sub>4</sub> ocasionou maior percentual de fitointoxicação em relação à

testemunha e em relação aos demais estádios de aplicação para a mesma dose.

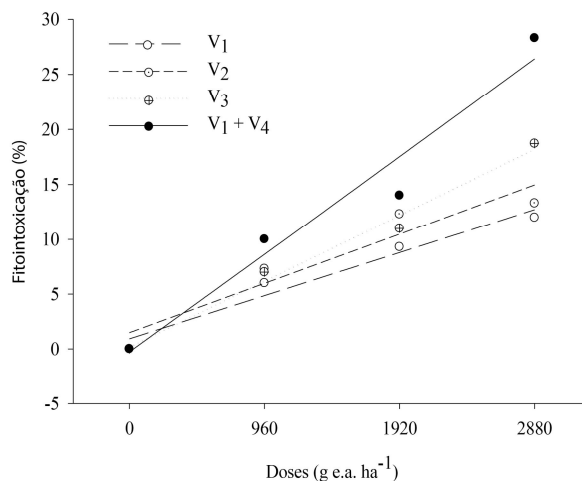
Constatou-se também relação direta entre os sintomas de fitointoxicação e a dose do herbicida (Figura 2). Este efeito foi maior nas aplicações sequenciais  $V_1+V_4$  (maior coeficiente angular da equação linear: 0,0093) (Tabela 5). Assim, há diminuição da taxa fotossintética e aparecimento de fitointoxicação nas folhas da soja como observado por Zobiole et al. (2011). Ressalta-se que os sintomas foram temporários e com

o desenvolvimento das plantas, em função das condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento vegetativo da soja, sem ausência de estresse hídrico ou presença de baixas temperaturas (Figura 1), o percentual de fitointoxicação foi diminuindo gradativamente, não ocasionando redução no rendimento de grãos, como observado em outros trabalhos de pesquisa (Grey & Raymer, 2002; Reddy & Zablotowicz, 2003; Zablotowicz & Reddy, 2004; Correia & Durigan, 2007).

**Tabela 4.** Valores médios de fitointoxicação (%) em função de doses e estádios de aplicação de glyphosate na soja EMGOPA 316 RR. Rio Verde, 2008.

Estádios de aplicação	Doses (g e.a. ha <sup>-1</sup> )* <sup>1</sup>		
	960	1.920	2.880
$V_1$	6,0 a	9,3 a*	12,0 c*
$V_2$	7,3 a*	12,3 a*	13,3 bc*
$V_3$	7,0 a	11,0 a*	18,7 b*
$V_1+V_4$	10,0 a*	14,0 a*	28,3 a*
Testem. (0 g e.a. ha <sup>-1</sup> )		0,0	

\* Médias significativamente superiores à testemunha, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett. \*<sup>1</sup> Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.



**Figura 2.** Representação gráfica das equações de regressão para percentual de fitointoxicação em função das doses de glyphosate na soja EMGOPA 316 RR. Rio Verde, 2008.

**Tabela 5.** Valores da análise de variância da regressão para fitointoxicação em função de doses e estádios de aplicação de glyphosate na soja EMGOPA 316 RR. Rio Verde, 2008.

Estádios de aplicação	Modelo	R <sup>2</sup>	P valor
$V_1$	$\hat{y} = 0,93 + 0,0041*x$	0,96	0,019
$V_2$	$\hat{y} = 1,49 + 0,0047*x$	0,91	0,047
$V_3$	$\hat{y} = 0,16 + 0,0063**x$	0,99	0,001
$V_1+V_4$	$\hat{y} = -0,26 + 0,0093*x$	0,96	0,022

\*\*, \* Significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

O fechamento foliar, semelhantemente a fitointoxicação, não afetou o rendimento de grãos. Para essa característica, foi constatada maior diferença em relação à testemunha com uso de 2.880 g e.a. ha<sup>-1</sup> na aplicação sequencial V<sub>1</sub>+V<sub>4</sub> (Tabela 6). Em contrapartida, o maior fechamento foliar foi observado com 960 g e.a. ha<sup>-1</sup> (menor dose) em V<sub>1</sub> cujo valor foi superior ao obtido com aplicação em V<sub>2</sub>. Segundo Lima

et al. (2011), com apenas um trifólio (V<sub>1</sub>) a planta de soja apresenta menor área foliar, e consequentemente, menor interceptação da calda do herbicida. Além disto, o glyphosate quando aplicado em V<sub>1</sub> proporcionou menor percentual de fitointoxicação (Tabela 4) e maior tempo de recuperação pela emissão de novos trifólios até a data da avaliação (60 DAE), quando comparado a aplicação em V<sub>2</sub>.

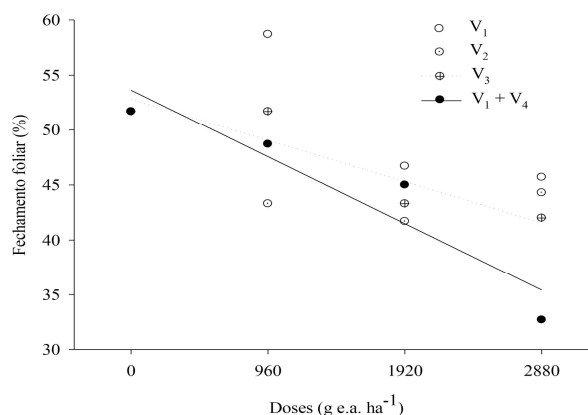
**Tabela 6.** Valores médios de fechamento foliar (%) em função de doses e estádios de aplicação de aplicação de glyphosate na soja RR. Rio Verde, 2008.

Estádios fenológicos	Doses (g e.a. ha <sup>-1</sup> ) * <sup>1</sup>		
	960	1.920	2.880
V <sub>1</sub>	59 a	47 a	46 a
V <sub>2</sub>	43 b	42 a	44 a
V <sub>3</sub>	52 ab	43 a	42 ab
V <sub>1</sub> +V <sub>4</sub>	49 ab	45 a	33 b*
Testem. (0 g e.a. ha <sup>-1</sup> )	52		

\* Média significativamente inferior à testemunha, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett. \*<sup>1</sup> Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Em cada estágio fenológico, pode-se constatar a diminuição do fechamento foliar com o aumento da dose do herbicida (Figura 3 e Tabela 7). O incremento da dose do glyphosate é utilizado quando se objetiva aumentar a eficiência no controle de plantas daninhas, principalmente quando a aplicação é realizada nos estádios iniciais de desenvolvimento (Petter et al., 2007; Agostinetto et al., 2009). No entanto, a maior dose (2.880 g e.a. ha<sup>-1</sup>), associada a aplicação sequencial, ocasionou menor valor de

fechamento foliar, o que favorece a entrada de radiação no dossel das plantas, havendo o estímulo ao crescimento de plantas daninhas presentes no sistema agrícola. Os efeitos do glyphosate nas plantas de soja podem se comprovados também na análise da massa seca de raiz (Tabela 1). As doses de 1.920 e 2.880 g e.a. ha<sup>-1</sup> aplicadas em V<sub>2</sub> e V<sub>3</sub>, respectivamente, ocasionaram valores inferiores ao da testemunha (Tabela 8), sem contudo afetar o rendimento de grãos.



**Figura 3.** Representação gráfica das equações de regressão para percentual de fechamento foliar em função das doses de glyphosate na soja EMGOPA 316 RR. Rio Verde, 2008.



**Tabela 7.** Resumo da análise de variância das regressões para fechamento foliar em função de doses e estádios de aplicação de glyphosate na soja EMGOPA 316 RR. Rio Verde, 2008.

Estádios de aplicação	Modelo	R <sup>2</sup>	P valor
V <sub>1</sub>	--- Sem ajuste de modelo ---		
V <sub>2</sub>	$\hat{y} = 51,57 - 5,315^{**}x + 0,688x^2$	0,99	0,030
V <sub>3</sub>	--- Sem ajuste de modelo ---		
V <sub>1</sub> +V <sub>4</sub>	$\hat{y} = 53,63 - 3,035^{**}x$	0,88	0,010

\*\*, \* significativo a 1 e a 5% respectivamente, pelo teste F.

**Tabela 8.** Valores médios de massa seca de raízes (g) em função de doses e estádios de aplicação de aplicação de glyphosate na soja EMGOPA 316 RR. Rio Verde, 2008.

Estádios fenológicos	Doses (g e.a. ha <sup>-1</sup> )		
	960	1.920	2.880
V <sub>1</sub>	56	56	54
V <sub>2</sub>	51	44 *	47
V <sub>3</sub>	58	47	43 *
V <sub>1</sub> +V <sub>4</sub>	66	57	49
Testem. (0 g e.a. ha <sup>-1</sup> )		68	

\* Médias significativamente inferiores à testemunha, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

De forma geral, pode-se observar que os sintomas de fitointoxicação, oriundos da aplicação do glyphosate, desapareceram gradativamente, o que permitiu a recuperação das plantas. Isto possibilitou a obtenção de rendimentos de grãos semelhantes ao da testemunha, como observado também para as características agronômicas e para a nodulação. Portanto, os resultados comprovam a eficiência do uso da tecnologia RR para uso nas lavouras dos Cerrados.

## Conclusões

A dose e a época de aplicação de glyphosate não influenciaram a nodulação, as características agronômicas e o rendimento de grãos da soja EMGOPA 316 RR.

Somente a dose de 2.880 g e.a. ha<sup>-1</sup> aplicada em V<sub>1</sub>+V<sub>4</sub> ocasionou maior fitointoxicação e menor fechamento foliar da soja EMGOPA 316 RR, sem comprometer, portanto, a nodulação e o rendimento de grãos.

## Referências

AGOSTINETTO, D. et al. Respostas de cultivares de soja transgênica e controle de

plantas daninhas em função de épocas de aplicação e formulações de glyphosate. **Planta Daninha**, v.27, n.4, p.739-746, 2009.

AMARANTE JUNIOR, O.P. et al. Glifosato: propriedades, toxicidade, usos e legislação. **Química Nova**, v.25, n.4, p.589-593, 2002.

CORREIA, N.M.; DURIGAN, J.C. Seletividade de diferentes herbicidas à base de glyphosate a soja RR. **Planta Daninha**, v.25, n.2, p.375-379, 2007.

CUNHA, C.S.M. et al. Comparação de métodos na detecção de sementes de soja geneticamente modificada resistente ao glifosato. **Revista Brasileira de Sementes**, v.27, n.1, p.167-175, 2005.

DVORANEN, E.C. et al. Nodulação e crescimento de variedades de soja RR sob aplicação de glyphosate, fluazifop-p-butyl e fomesafen. **Planta Daninha**, v.26, n.3, p.619-625, 2008.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 1999. 412p.



- FERREIRA NETO, M.E. et al. Seletividade de herbicidas pós-emergentes aplicados na soja geneticamente modificada. **Planta Daninha**, v.27, n.2, p.345-352, 2009.
- GALLI, A.J.B.; MONTEZUMA, M.C. **Alguns aspectos da utilização do herbicida glifosato na agricultura**. 2. ed. Jaboticabal: SN&F Gráfica e Editora, 2005. 66p.
- GREY, T.L.; RAYMER, P. Sickpod (*Senna obtusifolia*) and red Morningglory (*Ipomoea cocinea*) control in glyphosate-resistant soybean with narrow rows and postemergence herbicide mixtures. **Weed Technology**, v.16, n.3, p.669-674, 2002.
- KING, C.A.; PURCELL, L.C.; VORIES, E.D. Plant growth and nitrogenase activity of glyphosate-tolerant soybean in response to foliar glyphosate applications. **Agronomy Journal**, v.93, n.1, p.176-186, 2001.
- LIMA; D.B.C. et al. Controle químico de plantas voluntárias de soja Roundup Ready® em diferentes estádios de desenvolvimento. **Revista Caatinga**, v.24, n.3, p.64-70, 2011.
- MALTY, J.S.; SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S. Efeitos do glifosato sobre microrganismos simbiotróficos de soja, em meio de cultura e casa de vegetação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.2, p.285-291, 2006.
- MATSUO, E. et al. Resistência de genótipos de soja ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v.27, n. especial, p.1063-1073, 2009.
- MONQUERO, P.A. et al. Absorção, translocação e metabolismo do glyphosate por plantas tolerantes e suscetíveis a este herbicida. **Planta Daninha**, v.22, n.3, p.445-451, 2004.
- MOORMAN, T.B. et al. Production of hydroxybenzoic acids by *Bradyrhizobium japonicum* strains after treatment with glyphosate. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.40, n.1, p.289-293, 1992.
- PETTER, F.A. et al. Manejo de herbicidas na cultura da soja Roundup Ready®. **Planta Daninha**, v.25, n.3, p.557-566, 2007.
- PIMENTEL GOMES, F.; GARCIA, C.H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309p.
- PROCÓPIO, S.O. et al. Crescimento de estirpes de *Bradyrhizobium* sob influência dos herbicidas glyphosate potássico, fomesafen, imazethapyr e carfentrazone-ethyl. **Revista Ceres**, v.51, n.294, p.179-188, 2004.
- REDDY, N.K.; ZABLOTOWICZ, R.M. Glyphosate-resistant soybean response to various salts of glyphosate and glyphosate accumulation in soybean nodules. **Weed Science Journal**, v.51, n.4, p.496-502, 2003.
- RITCHIE, S.W.; THOMPSON, H.E.; BENSON, G.O. Como a planta de soja se desenvolve. Traduzido do original: How a soybean plant develops. Special Report n. 53 (Reprinted June, 1997). Ames: Iowa State University of Science and Technology Cooperative Extension Service, 1997. (POTAFOS, **Arquivo do Agrônomo**, 11).
- SANTOS, A.; FLORES, M. Effects of glyphosate on nitrogen fixation of free-living heterotrophic bacteria. **Letters in Applied Microbiology**, v.20, n.6, p.349-352, 1995.
- SANTOS, J.B. et al. Ação de herbicidas sobre o crescimento de estirpes de *Rhizobium tropici*. **Planta Daninha**, v.24, n.3, p.457-465, 2006.
- SANTOS, J.B. et al. Avaliação de formulações de glyphosate sobre soja Roundup Ready. **Planta Daninha**, v.25, n.1, p.165-171, 2007.
- SANTOS, J.B. et al. Efeitos de diferentes formulações comerciais de glyphosate sobre estirpes de *Bradyrhizobium*. **Planta Daninha**, v.22, n.2, p.293-299, 2004.
- SILVA, F.A.S.; AZEVEDO, C.A.V. Principal components analysis in the software Assistat-Statistical Attendance. In: WORLD

CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7., 2009, Reno. **Proceedings...** Michigan: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

VIEIRA NETO, S.A. et al. Formas de aplicação de inoculante e seus efeitos sobre a nodulação da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.2, p.861-870, 2008.

ZABLOTOWICZ, R.M.; REDDY, K.N. Impact of glyphosate on the *Bradyrhizobium japonicum* symbiosis with glyphosate-resistant transgenic soybean: a minireview. **Journal of Environmental Quality**, v.33, n.3, p.825-831, 2004.

ZOBIOLE, L.H.S.; OLIVEIRA JR., R.S.; CONSTANTIN, J.; BIFFE, D.F. Prevenção de injúrias causadas por glyphosate em soja RR por meio do uso de aminoácido. **Planta Daninha**, v.29, n.1, p.195-205, 2011.